Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 58-67 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.80708

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارۀ۱، نیمۀ اوّل ۱۴۰۰
صفحۀ ۶۷-۵۸، نوع مقاله: پژوهشی

بررسی اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود بهاره (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم

داریوش صفری[1] و میترا آزادی‌خواه[2]*

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بوشهر، ایران؛
dariush.s1987@gmail.com
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸

چکیده

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد از روش‌های مهم در کاهش آثار سوء تنش خشکی و به‌دست‌آوردن محصول مناسب در شرایط کمبود آب می‌باشد. به‌منظور مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد نخود در واکنش به سطوح مختلف سایکوسل در شرایط دیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه در طول فصل زراعی ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل غلظت‌های سایکوسل در سه سطح صفر (آب به عنوان شاهد)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان عامل اصلی و دو رقم نخود (بیونیج و ثمین) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل بر همه صفات مورد مطالعه و اثر متقابل آن‌ها بر صفات تعداد شاخه جانبی، وزن غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به دیگر تیمارها شد. بیشترین عملکرد دانه در دو رقم ثمین و بیونیج با محلول‌پاشی با سایکوسل ۴۰۰میلی‌گرم در لیتر به ترتیب به میزان ۱/۸۲ درصد و ۱/۳۱درصد به‌دست آمد. از نظر صفات مورد مطالعه، رقم بیونیج نسبت به رقم ثمین عملکرد بیشتری داشت. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل می‌تواند برای بهبود عملکرد نخود در شرایط دیم توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: بیونیج، سایکوسل، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات بوده که از نظر اهمیت تولید مواد غذایی در بین حبوبات جایگاه سوم را با تولید ۱۱/۶ میلیون تن در سطح زیر کشتی معادل ۱۳/۲ میلیون هکتار به خود اختصاص داده است (Kashiwagi *et al*., 2013). عمدۀ کشورهای تولیدکنندۀ این گیاه زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و حدود ۹۰ درصد از محصول نخود جهان، در شرایط دیم تولید می‌شود (Mousavi & Shakarami, 2008). محدودیت رشد ناشی از کمبود آب، موجب کاهش بیوماس و کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (Vile *et al*., 2012). در مناطق دیم تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آن‌ها را تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید گیاه را خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد (Sarmadnia & Koocheki, 1987). به‌منظور کاهش اثر تنش خشکی بر کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی، اضافه‌کردن موادی مثل سایکوسل مناسب بوده که موجب افزایش کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی می‌شود (Memari*et al*., 2011). کلرمکوات کلراید (CCC) یا سایکوسل (Cycocel) از مشتقات کولین استر است. کلرمکوات کلراید (2- Chloroethyl 3 methyl ammonium chloride) با اختلال در مسیر چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید، مانع از فعالیت آنزیم انت کائورن سنتتاز شده و موجب کاهش ارتفاع گیاهان می‌شود (Shekari *et al*., 2005). هدف اولیه از کاربرد سایکوسل در تولید گیاهان زراعی به اثر ضدخوابیدگی آن محدود می‌شد. گزارش‌های بعدی نشان داد که استفاده از سایکوسل در گندم (*Triticum aestivum*) و جو (*Hordeum vulgare*) باعث کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در بوته، افزایش تعداد دانه در سنبله، افزایش مقاومت به سرما،

* نویسنده مسئول: mitra.azadi66@gmail.com

شوری، قارچ‌ها و حشرات گردید (Shekari *et al*., 2005; Gurmani *et al*., 2011; Koutroubas *et al*., 2014). تیمار با سایکوسل در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، کاهش نسبت شاخساره به ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای (Memari *et al*., 2011)، افزایش پرولین، پروتئین، قندهای محلول، میزان کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ‌های گندم شده است (Samandari & Elhami, 2012). گزارش شده است که گیاهان کلزا (*Brassica napus*) و گندم تیمار شده با سایکوسل دارای ساقه کوتاه‌تر و در مقابل ورس نیز مقاوم‌ترند (Ma & Smith, 1991). تیمار با سایکوسل در حنا (*Lawsonia inermis*) (Khandewal *et al*., 2002)، جو بهاره و زمستانه (Ma & Smith, 1992) و گندم (De *et al*., 1982) با کاهش غالبیت انتهایی، منجر به رشد جوانه‌های جانبی رویشی و تشکیل شاخه‌های فرعی و در نهایت افزایش تعداد انشعابات و افزایش عملکرد محصول گردیده است. همچنین سایکوسل می‌تواند موجب افزایش تعداد دانه در بوته با افزایش تعداد سنبلچه‌ها و گلچه‌ها در سنبله گردد (Ma & Smith, 1991). عملکرد بیشتر در گیاهان تیمارشده با سایکوسل به خاطر رشد بیشتر ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای و توان آب بیشتر در برگ‌ها و نهایتاً افزایش در بهبود بازده مصرف آب از طریق افزایش در فعالیت ریشه و کاهش در تعرق گیاه می‌باشد (Starman& Williams, 2000). بررسی‌ها نشان می‌دهد محلول‌پاشی با سایکوسل انتقال سیتوکینین را از ریشه به ساقه افزایش می‌دهد که منجر به افزایش طول دوره رشد، فتوسنتز و افزایش عملکرد می‌گردد (Omidietal.,2008). با توجه به بحران کم‌آبی و خشکسالی های اخیر به نظر می‌رسد به دلیل اهمیت و نقش سایکوسل به عنوان یکی از عوامل تعدیل‌کننده اثرات ناشی از خشکی، بررسی‌های انجام‌شده از جمله مواردی بودند که موجب شد اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود بهاره در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم نخود به سه غلظت محلول‌پاشی سایکوسل تحت شرایط دیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو فاکتور غلظت سایکوسل در سه سطح، صفر (آب به عنوان شاهد)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان عامل اصلی و دو رقم نخود بیونیج و ثمین به عنوان عامل فرعی بودند. برای تهیهٔ غلظت‌های مختلف سایکوسل(CCC) (ساخت شرکت سیگما در آلمان) با مادهٔ مؤثرهٔ ۱۱/۸ درصد ۲-کلرواتیل تری متیل آمونیم کلراید، (2-Chloroethyl 3 methyl ammonium chloride) استفاده شد. پیش از اجرای آزمایش اقدام به نمونه‌برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی لومی) از عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متر

Table 1.Physico-chemical properties of soil in experimental site at 0-40 cm depth

اسیدیته pH	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم) Absorable K (mg.kg)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم) Absorable P (mg.kg)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
7.8	288	10.8	0.88	0.09	16	44	40

زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل زیر کشت گندم بود. در پاییز زمین را شخم عمیق زده و در اوایل اسفندماه عملیات آماده‌سازی تکمیلی زمین شامل شخم، دیسک‌زنی، بلوک‌بندی و کرت‌بندی انجام شد. در هر کرت هشت ردیف بذر با فاصله‌ی بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵سانتی‌متر و عمق کاشت پنج تا شش سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تمامی بذور به منظور پیشگیری از آسیب بیماری های خاکزی قبل از کاشت با سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. عملیات کاشت در تاریخ ۱۵اسفندماه۱۳۹۷ به روش دستی انجام شد. در طی فصل رشد به‌منظور مبارزه با علف‌های‌هرز در چند نوبت وجین دستی انجام گرفت. تیمارهای سایکوسل به صورت محلول‌پاشی تا پوشش کامل برگ‌ها و اندام‌های هوایی و برای حفظ آثار سایکوسل، در دو مرحله، یکی به فاصله ۴۵ روز پس از کاشت (یک هفته قبل از گلدهی) و

دیگری ۶۰ روز پس از کاشت (۵۰درصد گلدهی) برای کرت‌های مورد نظر صورت گرفت. لازم به ذکر است که این زمان حداکثر زمانی است که می‌توان تیمار محلول‌پاشی را اعمال نمود، چرا که سرشاخه‌های گیاه هنوز خشبی نشده و احتمال جذب سایکوسل در کوتاه‌مدت در سپیده‌دم بسیار زیاد است. در ضمن این مرحله شروع تنش خشکی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در هر واحد آزمایشی دو ردیف از پنج ردیف و نیم‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد پس از برداشت نهایی از بین بوته‌های برداشته شده ۱۰بوته به طور تصادفی انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، وزن دانه در بوته، وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثرات ساده رقم و سایکوسل بر ارتفاع بوته نخود معنی‌دار($p\leq۰/۰۱$) بود. اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. (جدول ۳). با افزایش غلظت سایکوسل از صفر تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر ارتفاع بوته پنج درصد افزایش یافت. با گذشت زمان ارتفاع در بوته‌های تحت تیمار با سایکوسل افزایش بیشتری یافت و در نتیجه اختلاف آن‌ها با بوته‌های شاهد کمتر شد. گزارش شده است که حداکثر تأثیر سایکوسل به مدت زمان تماس محلول‌پاشی با سطح برگ بستگی دارد. در مورد کاربرد سایکوسل باید به این مسئله توجه داشت که علاوه بر زمان تماس سایکوسل، عواملی همچون نوع گیاه، غلظت، زمان کاربرد و تعداد دفعات کاربرد بر ارتفاع گیاه تأثیرگذار هستند (Al-Khassawneh *et al.*, 2006).

دلیل افزایش طول ساقه در انتهای فصل رشد کاملاً مشخص نشده است، ولی گمان می‌رود که با افزایش جمع پیش سازهای جیبرلیک اسید در نتیجه کندکردن بیوسنتز آن در اوایل فصل رشد در ارتباط باشد. بدین‌معنی که در اواخر فصل رشد که اثر بازدارندگی سایکوسل کاهش می‌یابد، سنتز جیبرلیک اسید از سر گرفته می‌شود و مقدار زیادی پیش‌ساز برای ساخت جیبرلیک اسید وجود دارد که باعث طویل‌شدن ساقه می‌شود (Rajala & Akinrinde, 2006).

نتایج بررسی Farooq & Bano (2003) نیز نشان داد که ارتفاع نهایی گیاه تحت اثر سایکوسل، بر اثر طویل‌شدن میان‌گره‌های بالایی افزایش می‌یابد. چنین استدلال شده که تولید زیاد جیبرلین در میان‌گره‌های بالایی بعد از تجزیه تنظیم‌کننده رشد، باعث طویل‌شدن میان‌گره‌های بالایی می‌شود.

هر چند De *et al*, (1982) نتوانستند هیچ کاهش معنی داری در ارتفاع ساقه گندم به دنبال تیمار بوته‌ها با سایکوسل ثبت کنند.

تعداد شاخه‌های جانبی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل در سطح آماری ($p\leq۰/۰۱$) و اثر متقابل آن‌ها در سطح آماری ($p\leq۰/۰۵$) بر تعداد شاخه‌های جانبی نخود معنی‌دار بود (جدول ۲). سایکوسل با کاهش غالبیت انتهایی منجر به رشد جوانه‌های جانبی رویشی و تشکیل شاخه‌های فرعی می‌گردد. بیشترین و کمترین تعداد شاخه‌های جانبی به ترتیب در رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل مشاهده شد (جدول ۴). اثر مثبت و افزایش‌دهنده سایکوسل به صورت پرایم بذر و محلول‌پاشی بر افزایش تولید ماده خشک بوته، تولید شاخه بیشتر و تعداد بیشتر خورجین در گیاه کلزا گزارش شده است (Pourmohamad *et al.*, 2014).

تعداد دانه در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن۱۰۰۰دانه معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در بوته به ترتیب برای رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با نُه درصد افزایش و کمترین تعداد دانه در رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل با پنج درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۴). محققان طی مطالعه‌ای نشان دادند اثر جبرانی تعداد دانه و وزن دانه، به گونه، رقم و شرایط غالب محیطی بستگی دارد (Peltonen-Sainio *et al.*, 2006). برخی محققان (Waddington & Cartwright, 1986) در بررسی اثر سایکوسل بر تغییر اجزای عملکرد جو بهاره در مرحله طویل‌شدن ساقه دریافتند که علت افزایش عملکرد، افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله می‌باشد. آن‌ها علت افزایش عملکرد را کاهش غالبیت انتهایی ساقه اصلی در طول دوره پنجه‌زنی و آغازش و بقای تعداد بیشتری گلچه در پنجه‌ها گزارش کردند. در پژوهشی دیگر نیز سایکوسل تعداد دانه در سنبله را در تمام مراحل کاربرد آن افزایش داد، علت این امر افزایش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی گزارش شده است (Emam & Moaied, 1999).

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات موردبررسی نخود تحت شرایط دیم و محلول‌پاشی با سایکوسل

Table 2.Mean squares obtained from variance analysis of studied traits of chickpea under rainfed conditions and cycocel spraying

		میانگین مربعات (Mean of Squares)							
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه‌های جانبی Number of secondary branches	وزن غلاف در بوته weight of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	عملکردزیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
بلوک Block	2	0.685^{ns}	0.185^{*}	0.338^{*}	8.16^{ns}	321.20^{**}	66972.05^{*}	10682.59^{**}	0.512^{ns}
رقم Cultivar	1	12.73^{**}	3.15^{**}	4.18^{**}	490.16^{**}	3918.19^{**}	1885034.72^{**}	930748.20^{**}	407.17^{**}
سایکوسل Cycocel	2	26.27^{**}	0.548^{**}	1.04^{**}	76.47^{**}	582.81^{**}	261344.05^{**}	186221.16^{**}	134.57^{**}
رقم × سایکوسل Cultivar × Cycocel	2	0.092^{ns}	0.213^{*}	0.303^{*}	13.76^{*}	296.81^{**}	4346.72^{ns}	7658.61^{*}	26.62^{**}
خطا Error	10	1.17	0.033	0.072	2.96	12.46	10498.85	1089.55	1.08
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		4.63	6.91	13.07	8.41	1.58	5.06	3.83	2.51

ns، * و **: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% levels, respectively.

وزن غلاف در بوته: نتایج تجزیهٔ آماری داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر وزن غلاف در بوتهٔ نخود معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین و کمترین میانگین وزن غلاف در بوته به ترتیب در رقم بیونیج و محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با دو درصد افزایش و رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل با یک درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۴). نتایج بررسی Gardner (2007) نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل موجب کاهش رشد رویشی گیاه و افزایش طول دوره زایشی و پرشدن دانه شده و در نتیجه موجب افزایش وزن دانه و غلاف در بوته می‌گردد. Khalilzadeh *et al,* (2016) نشان دادند که سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پرشدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و عملکرد در گیاهان می شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم و سایکوسل بر صفات مورد بررسی نخود

Table 3. Mean comparison of main effects of cultivars and cycocel on chickpea traits

فاکتور Factor	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد زیستی (گرم/مترمربع) Biological yield (g/m^2)
ارقام (Cultivar)		
ثمین (Samin)	24.2^{a}	1699^{b}
بیونیج (Bivanij)	22.5^{ab}	2346^{a}
سایکوسل (میلی‌گرم/لیتر) (mg/l)		
0	21.2^{c}	1816^{c}
200	23.4^{b}	2018^{b}
400	25.5^{a}	2234^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر عامل، دارای حروف مشابه می‌باشند، بر پایه آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed with similar letter(s) are not significantly different at the %5 probability level- using Least Significant Differences Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرهای متقابلرقمو سایکوسل بر صفات موردبررسینخود

Table 4.Mean comparisoninteractions between cultivars and cycocelon chickpea traits

رقم Cultivar	سایکوسل (میلی‌گرم/لیتر) Cycocel (mg/l)	تعداد شاخه‌های جانبی Number of secondary branches	وزن غلاف در بوته weight of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) Seed yield (kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)
ثمین (Samin)	0	2.01d	1.33d	13.18d	20.55c	452e	30.71e
	200	2.31cd	1.62cd	15.19cd	20.78c	621.20d	36d
	400	2.32cd	1.77bcd	17.36c	21.13c	825.23c	43.41bc
بیونیج (Bivanij)	0	2.71bc	2.05bc	21.25b	22.57b	975.07b	45.08b
	200	2.85b	2.31b	24.58b	23.04b	1001.73b	43.31c
	400	3.59a	3.26a	31.21a	25.7a	1286a	50.26a

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر عامل، دارای حروف مشابه می‌باشند، بر پایه آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed with similar letter(s) are not significantly different at the %5 probability level- using Least Significant Differences Test.

وزن۱۰۰دانه: نتایج نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و سایکوسل نشان داد در رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بیشترین وزن۱۰۰دانه را با چهار درصد افزایش دارا بود و کمترین وزن۱۰۰دانه در رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با

سایکوسل به‌دست آمد؛ هر چند کاربرد سایکوسل در رقم ثمین با تیمار عدم کاربرد سایکوسل اختلاف معنی‌داری نداشت. سایکوسل با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پرشدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش بسزایی دارند. محققان دیگر نیز اظهار داشتند که وزن دانه در نتیجه تیمار با سایکوسل افزایش می‌یابد و افزایش آن را به قدرت مقصد فیزیولوژیکی قبل از گلدهی نسبت می‌دهند (Khalilzadeh *et al*, 2016). سرعت انباشت مواد و دوره پرشدن دانه تعیین‌کننده وزن نهایی دانه است و هر دو مؤلفه، تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط قرار می گیرند (Rajabi *et al.*, 2013). تأثیر مثبت سایکوسل بر وزن۱۰۰۰دانه با نتایج تحقیقی دیگر (Rajala & Sainio, 2001) مطابقت دارد.

عملکرد زیستی: اثر رقم و غلظت سایکوسل بر عملکرد زیست‌توده در سطح آماری (p≤۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم بیونیج دارای عملکرد زیست‌توده بیشتر در هکتار بود. سایکوسل تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد زیست‌توده در هکتار داشت (جدول ۳). یافته‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش در مورد اثر مثبت سایکوسل بر عملکرد زیست‌توده با نتایج گزارش شده دیگر (Shekoofa & Emam, 2008) مطابقت دارد. کاربرد سایکوسل در گیاه (*Solidago Canadensis*) باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک و تر بوته‌ها و زنده‌مانی گیاهان شد (Osman, 2014). در بررسی نتایج دیگر نیز افزایش معنی‌دار زیست‌توده در جو بهاره با کاربرد به موقع سایکوسل گزارش شده است (Emam & Moaied, 1999).

عملکرد دانه: نتایج این تحقیق نشان داد که اثرهای ساده رقم و سایکوسل و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه تأثیر معنی داری داشت. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب برای رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۱/۳۱ درصد) و رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل (۱/۸۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). به‌طور کلی اعتقاد بر این است که کندکننده‌های رشد از طریق تغییر در فتوآسیمیلات‌ها و هدایت آن‌ها به سمت مقصد باعث افزایش در عملکرد می‌گردند (Khandewal *et al.*, 2002). از طرفی سایکوسل با افزایش تعداد و بقای پنجه‌ها و همچنین سطح برگ، باعث فتوسنتز بیشتر شده و مواد پرورده بیشتری به سمت دانه‌ها انتقال می‌یابد و افزایش عملکرد دانه بیشتری را موجب می‌شود (Sharif *et al*, 2007). در تحقیقی علت افزایش عملکرد در گیاهان تیمارشده با سایکوسل، نفوذ بیشتر نور به درون بوته‌ها و قادرساختن آن‌ها به حفظ تعداد بیشتری ساقه بارور در هر بوته دانسته شده است (Emam & Niknejad, 2011).

شاخص برداشت: برهمکنش رقم و سایکوسل و سطوح اصلی سایکوسل و رقم بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار (p≤۰/۰۱) شد. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و سایکوسل نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت در رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با ۱۰درصد افزایش و کمترین آن در رقم ثمین و عدم محلول پاشی با سایکوسل بود (جدول ۴). شاخص برداشت تخمینی از تبدیل مؤثر ماده خشک به عملکرد دانه است (Aranjuelo *et al.*, 2013) که نمایانگر درصد مواد آلی ساخته‌شده از منبع به مقصد است و ارقام دارای شاخص برداشت بالا قادرند هیدرات‌های کربن زیادتری را از اندام‌های سبز به دانه انتقال دهند و سبب افزایش عملکرد گردند. ارقام دارای شاخص برداشت پایین‌تر کربوهیدرات‌های کمتری را به دانه انتقال و از این رو دارای عملکرد دانه کمتری می‌باشند. کاربرد سایکوسل در این پژوهش باعث افزایش شاخص برداشت شد. همچنین، باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش فتوسنتز، افزایش وزن دانه و در نهایت افزایش شاخص برداشت در مقایسه با تیمار شاهد شد (Devi *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در بین دو رقم، ثمین دارای ارتفاع بالایی بود. در حالی که بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی، وزن غلاف در بوته، وزن۱۰۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت مربوط به رقم بیونیج بود. همه صفات مورد مطالعه تحت تأثیر مثبت سایکوسل قرار گرفتند. در غالب موارد، محلول‌پاشی با سایکوسل با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر بیشتری بر رشد و عملکرد ارقام نخود داشت. لذا با توجه به نتایج این آزمایش برای بهبود عملکرد نخود مصرف سایکوسل به میزان ۴۰۰ میلی گرم در لیتر را می‌توان برای شرایط آب و هوایی مشابه پیشنهاد نمود.

منابع

1. Aranjuelo, I., Sanz-Saez, A., Jauregui, I., Irigoyen, J., Araus, J., Sanchez-Diaz, M., and Erice, G. 2013. Harvest index, a parameter conditioning responsiveness of wheat plants to elevated CO2. Journal of Experimental Botany 64: 1879-1892.
2. Al-Khassawneh, N.M., Karam, N.S., and Shibli, R.A. 2006. Growth and flowering of black iris (*Iris nigricans* Dinsm.) following treatment with plant growth regulators. Scientia Horticulturae 107: 187-193.
3. De, R., Giri, G., Saran, G., Singh, R.K., and Chaturvedi, G.S. 1982. Modification of water balance of dry land wheat through the use of chlormequat chloride. Journal of Agricultural Science 98(3): 593-597.
4. Devi, K.N., Vyas, A.K., Singh, M.S., and Singh, N.G. 2011. Effect of bioregulators on growth, yield and chemical constituents of soybean (*Glycine* max). Journal of Agricultural Science 3: 151-159.
5. Emam, Y., and Niknejad, M. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. (4^{th} Ed). Shiraz University Press, Shiraz, Iran. 570 pp. (In Persian).
6. Emam, Y., and Moaied, G. R. 1999. Effect of planting density and chlormaquat chloride on morphological andphysiological characteristics of winter barley cultivar “Valfajr”. Journal of Agriculture Science and Technology 2: 75-83.
7. Farooq, U., and Bano, A. 2006. Effect of abscisic acid and chlorocholine chloride onnodulation and biochemical content of *Vigna raditat* L. under water stress. Pakistan Journal of Botany 38: 1511-18.
8. Gurmani, A.R., Bano, A., Khan, S.U., Din, J., and Zhang, J.L. 2011. Alleviation of salt stress byseed treatment with abscisic acid (ABA), 6-benzylaminopurine (BA) and chlormequat chloride (CCC) optimizes ion and organic matter accumulation and increases yield of rice (*Oryza sativa* L.). Australian Journal of Crop Science 5: 1278-1285.
9. Gardner, F. 2007. Crop Physiology. Jahaddaneshgahi Press of Mashhad. 300 pp. (In Persian with English Summary).
10. Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Upadhyaya, H.D., Varshney, R.K., and Tobita, S. 2013. Traits of relevance to improve yield under terminal drought stress in chickpea (*C. arietinum* L.). Field Crops Research 145: 88-95.
11. Khandewal, K.S., Gupta, N.K., and Sahu, M.P. 2002. Effect of plant growth regulators on growth, yield and essential oil production of henna (*Lawsonia inermis* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(1): 67-72.
12. Khalilzadeh, R., Seyedsharifi, R., and Jalilian, J. 2016. Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interaction 11(1): 130- 137.
13. Koutroubas, S.D., Vassiliou, G., and Damalas, C.A. 2014. Sunflower morphology and yield as affected by foliar applications of plant growth regulators. International Journal of Plant Production 8: 215-229.
14. Ma, B.L., and Smith, D.L. 1991. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon. Agronomy Journal 83(2): 270-274.
15. Ma, B.L., and Smith, D.L. 1992. Chlormequat and ethephon timing and grain production of spring barley. Agronomy Journal 84(6): 934-939.
16. Memari, H.R., Tafazoli, E., Kamgar-Haghighi, A., Hassanpour, A., and Yarami, N. 2011. Effects of water stress and cycocel as a growth retardant on growth of two olive cultivars. Journal of Science and Technology and Natural Resources, Water and Soil Science 15(55): 1-11. (In Persian).
17. Mousavi, S.K., and Shakarami, G.H. 2008. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in low rainfall condition. Plant Production Journal 1: 99-113. (In Persian with English Summary).
18. Omidi, H., SoroushZadeh, A., and Salahi, A. 2008. Effect of priming on canola germination. Journal of Agricultural Sciences 9: 125-135. (In Persian).
19. Osman, A.R. 2014. Improving some quantitative and qualitative characteristics of *Solidago canadensis* "tara" using cycocel and planting density under drip irrigation and lighting systems. Life Science Journal 11: 110-118.
20. Pourmohammad, A., Shekari, F., and Soltaniband, V. 2014. Cycocel priming and foliar application affect yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Cercetari Agronomicein Moldova 157: 59-69.
21. Peltonen-Sainio, P., Muurinen, S., Rajala, A., and Jauhianen, L. 2006. Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern grown conditions. The Journal of Agricultural Science 146(01): 35-47.
22. Rajabi, R. 2013. Effects of seed pretreatment with salicylic acid on drought resistance of three wheat cultivars under rainfed conditions. MSc. Dissertation. University of Zanjan, Zanjan, Iran. (In Persian).

23. Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions. University of Helsinki, Finland. 432 pp.
24. Rajala, A., and Sainio, P.P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agronomice Journal 93: 936-943.
25. Shekoofa, A., and Emam, Y. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Shiraz Journal Agricultural Sciences Technology 10: 101-108.
26. Sharif, S., Saffari, M., and Emam, Y. 2007. The effect of drought stress and cycocle on barley yield (cv. Valfagr). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 281-290. (In Persian).
27. SamandariGikloo, T., and Elhami, B. 2012. Physiological and morphological responses of two almond cultivars to drought stress and cycocel. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3(5): 1000-1004.
28. Shekari, F., Shekari, F., Ebrahimzadeh, A., and Esmaeilpour, B. 2005. Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. (Translation). University of Zanjan Press, Zanjan, Iran. (In Persian).
29. Starman, T.W., and Williams, M.S. 2000. Growth retardants affect growth and flowering of Scaevola. Horticultural Science 35(1): 36-38.
30. Shekari, F., Shekari, F., Ebrahimzadeh, A., and Esmaeilpour, B. 2005. Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. (Translation). University of Zanjan Press, Zanjan, Iran. (In Persian).
31. SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.
32. Waddington, S.R., and Cartwright, P.M. 1986. Modification of yield components and stem length in spring barleyby the application of growth retardants prior to main shoot stem elongation. Journal of Agricultural Science Cambridge 107: 367-375.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 58-67 (Research Article)

The effect of cycocel spraying on yield and yield components of spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions

Safari[1], D. & Azadikhah[2]*, M.

1. MSc. of Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr, Iran; dariush.s1987@gmail.com
2. MSc. of Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Received: 14 May 2019
Accepted: 8 January 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.80708

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the herbaceous plants. Most of the producing countries of this crop are in arid and semi-arid regions, and about 90% of the world's chickpea is produced in rainfed conditions. Chlormequat chloride or cycocel (2- Chloroethyl 3 methyl ammonium chloride) is a choline esters derivative. Chlormequat chloride interacts with the gibberellic acid biosynthesis pathway, inhibits the activity of ent-kaurene synthesis and reduces plant height. Reports have shown that the use of cycocel reduced the stem height, increased the number of tillers per plant, the number of seeds per spike, cold resistance, salinity, fungi, and insects. Studies show that cycocel solubilization increases cytokinin from root to stem, which increases the growth period, photosynthesis, and increased yield. The aim of this study was to investigate the response of yield and grain yield components of two chickpea cultivars to three concentrations of cycocel foliar application under rainfed conditions.

Materials and Methods

In order to study the yield and yield components of chickpea in response to different levels of cycocel in rain fed conditions, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the research farm of Sararood Research Center of Kermanshah. The treatments consisted of two factors of cycocel concentration in three levels: zero (water as control), 200 and 400 mg L^{-1} as the main factor and two cultivars of Chickpea bionij (local cultivar Mahidasht) and Samin as a minor. Cycocel treatments were sprayed manually until the water was checked from leaves and air organs. In order to maintain the effects of cycocel, the treatments were applied in two steps, including 45 days after planting (one week before flowering) and 60 days after planting (50% flowering) for the planned plots. At the same time the experiment coincided with the onset of drought stress in the study area. In each experimental unit, two rows of five rows and a half meter from the beginning and the end of the rows were considered as the range. To determine the yield components after harvest, 10 plants were selected randomly from each plot. Plant height, number of branches, the number of shells per plant, shell weight per plant, seed weight per plant, 1000-grain weight, biological yield, grain yield and harvest index were measured. Data were analyzed by SAS Ver. 9.1 and the minimum significant difference test (LSD) at the probability level of ($p \leq 0.05$) was applied for comparisons between treatment means.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the simple effects of cultivar and cycocel on all studied traits were significant at level of ($p \leq 0.01$), and their interactions on harvest index and 1000-seed weight was significant at level of ($p \leq 0.01$), and finally the number of lateral branches, pod weight per plant, the number of seeds per pod, biomass yield, grain yield was significant at level of ($p \leq 0.05$). High cycocel (400 mg L^{-1}) treatments increased yield and yield components compared to other treatments. According to the studied traits, Bionij cultivar had more yield than Samson cultivar. Generally, the growth mobility through the

***Corresponding Author:** mitra.azadi66@gmail.com

change in the photocells and the direction it directs to the target increases the yield. Cycocel also increased the grain weight and yield in plants due to the changes in the allocation of the material to seed filling.

Conclusion

The results of this study showed that Samson had the highest plant height among the other cultivars, while the highest number of secondary branches, weight of pod per plant, the number of seeds per plant, 1000 seed weight, seed number per pod, grain yield, biomass yield and harvest index was observed in Bionaj. All studied traits were positively affected by cycocel. In most cases, soluble cycocel with a concentration of 400 mg L^{-1} had the greatest effect on growth and yield of chickpea cultivars. It seems that spraying chickpea plants, especially Bionij cultivar with a concentration of 400 mg L^{-1} of cycocel is recommended for similar climatic conditions.

Keywords: Biological yield, Bionij, Cycocel, Grain yield, Harvest Index